

文章编号:1007-2780(2012)06-0795-05

# 航天编码器调试系统显示功能设计

左 洋<sup>1,2</sup>, 龙科慧<sup>1\*</sup>, 乔 克<sup>1</sup>, 刘金国<sup>1</sup>

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033, E-mail: zuoyang\_1987@163. com;  
2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

**摘 要:** 为实现航天编码器的高可靠性与稳定性,设计了一种针对航天编码器的调试系统显示模块。系统以单片机 80C32E 为核心处理器,实现编码器信号采集、处理、通讯和显示。在显示模块中,一是通过 LED 灯排显示二进制形式的角度信息,二是通过 LCD 液晶屏显示度分秒形式的角度信息。当调试编码器时,LED 灯排显示适于专业人员监测编码器数据信息是否进位正常和读取角度信息;LCD 液晶屏适于非专业人员查看编码器角度等信息。系统体积小,可视性好,方便编码器的调试。实验结果表明,该调试系统可同时显示两种方式角度信息,实时性好,数据读取方便,并且系统显示功能还可进一步扩展。

**关 键 词:** 航天编码器;调试系统;80C32E;LCD 显示

**中图分类号:** TP212.12      **文献标识码:** A      **DOI:** 10.3788/YJYXS20122706.0795

## Design of Display Function in Debugging System of Space Encoder

ZUO Yang<sup>1,2</sup>, LONG Ke-hui<sup>1\*</sup>, QIAO Ke<sup>1</sup>, LIU Jin-guo<sup>1</sup>

(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences,  
Changchun 130033, China, E-mail: zuoyang\_1987@163. com;  
2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** In order to meet the needs on reliability and stability for aerospace encode, the display module in the debugging system of space encoder was designed. The singlechip 80C32E was the core processor to achieve the collection, processing and display. In the display module, the angle information of binary form was displayed by LED bars on the one hand, the angle information of degrees, minutes, seconds form was displayed by LCD screen on the other hand. When people were debugging encoder, LED bars display was suitable for professionals monitoring whether the encoder data carry normally or not and reading angle information, LCD display was suitable for non-professionals viewing encoder angle. The system is small, flexible operation, and good visibility. The results show that the angle information in the two ways were displayed simultaneously in the debugging system, easy to read, and display function of system can be further expanded.

**Key words:** space encoder; debugging system; 80C32E; LCD display

收稿日期: 2012-07-05; 修订日期: 2012-09-12  
基金项目: 国家自然科学基金(No. 61108066)  
作者简介: 左洋(1987—),男,硕士研究生,吉林长春人,主要从事光电角位移传感器应用技术的研  
\* 通讯联系人, E-mail: long\_kh@126. com

1 引    言

光电轴角编码器是一种角度传感器,具有高分辨力、高精度等优点,被广泛应用于国防、航天、工业等领域。在航天相机的设计中,调焦系统是必不可少的部分,其精度直接影响相机的像面控制精度及成像质量,而光电编码器更是其中重要检测元件。因此,应对光电编码器进行严格精确地调试,以实现精确定位及测量,保证调焦控制系统的精度<sup>[1-5]</sup>。

以往对编码器调试时,首先采用电位器组将编码器机械头部输出的多路光电流信号转换成电压信号并可调整信号幅值,再对精粗码信号进行放大、比较、整形和 A/D 转换。然后将精粗码信号送入单片机进行软件处理,得到进位正确的二进制数据信息,并由 LED 灯排显示。但对于非专业人员来说,LED 灯排显示的二进制数据读取较困难,需计算后才能得到角度值,人工工作量大,信息显示单一,若某一 LED 灯出现问题,造成调试结果出错,不易查找<sup>[6-7]</sup>。

为了提高工作人员调试航天编码器的准确度,实现航天编码器高可靠性与稳定性,本文介绍

了一种基于单片机 80C32E 的编码器调试系统。在涵盖以往调试系统所有功能的基础上,增加了 LCD 液晶屏显示六十进制度、分、秒的功能,提高了信息显示量,实时性好,可视性强,适于工作人员调试和数据读取,携带方便,可在不同场地进行调试,并且系统显示功能还可进一步扩展。

2 系统简介

图 1 所示为系统结构框图。总体结构包括电位器组、放大器、比较器、锁存器、模数转换、单片机、LED 灯排、LCD 液晶屏、通讯接口等部分。元器件的选用如放大器 LM124、比较器 LM339、单片机 80C32E、A/D 转换 TLV2548 等均为星上设备所使用的芯片,满足航天产品高可靠性和稳定性的要求。系统采用单片机控制,对光电信号进行采集、解析、处理,并转换成 16 位二进制角度代码,再由串行接口传送给相机主控制器,同时利用 LED 灯排和 LCD 液晶屏显示不同形式的角度值。电路主要对航天相机调焦用的 14 位,分辨率 80",精度 $<\pm 100''$ 的绝对式矩阵光电编码器进行调试。

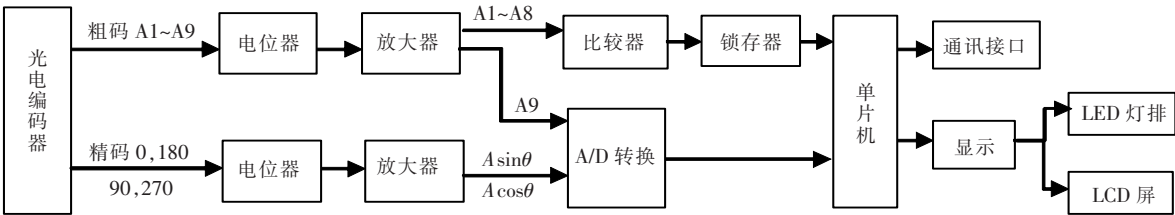


图 1 系统结构图  
Fig. 1 Structure of system

3 硬件设计

本系统选用 80C32E 单片机作为主控芯片,完成采集、解析、处理编码器位置信息。该系列单片机历经多年的发展,应用技术已十分稳定可靠。为了有效地缩小硬件体积,采用 12 位低功耗、高速 CMOS 串行 A/D 转换芯片 TLV2548,其尺寸小、接口简单。且这两种芯片都有过上天飞行的经历,可适用于低成本、控制简单、数据处理量小、可靠性要求较高的航天产品中<sup>[8]</sup>。为防止单片机在工作时受到外界干扰,系统中采用了“看门狗”定时器内部复位法,由一片 MAX706 芯片结合相

应的软件完成,当单片机受到干扰时,看门狗定时器超时溢出,看门狗发出复位脉冲使单片机复位<sup>[9]</sup>。

系统显示功能模块由 LED 灯排和 LCD 液晶屏组成。LED 灯排显示是采用 16 个 LED 发光二极管排成一排,每个灯的亮暗表示二进制形式的信息。LCD 液晶屏具有体积小、功耗低、显示内容丰富等优点,在袖珍式仪表和低功耗应用系统中得到广泛的应用<sup>[10]</sup>。目前字符型液晶显示模块已经是单片机应用设计中最常用的信息显示器件。由于本调试系统需要的信息较少,在此采用 LCD1602 液晶屏,显示两行数据信息。每行

16 个字符,采用单+5 V 电源供电,外围电路配置简单,成本小,具有很高的性价比。

3.1 LED 显示

LED 显示电路如图 2 所示。编码器的精粗码信号经过单片机软件处理后得到 14 位二进制

有效数据。从单片机的 P0 口分别将高 6 位和低 8 位数据送入两片 SN74HC573 锁存器,14 位二进制数据经锁存后得到稳定的高低电平,再由 LED 灯排显示出来。P2.5 和 P2.6 是控制两片锁存器的片选信号。

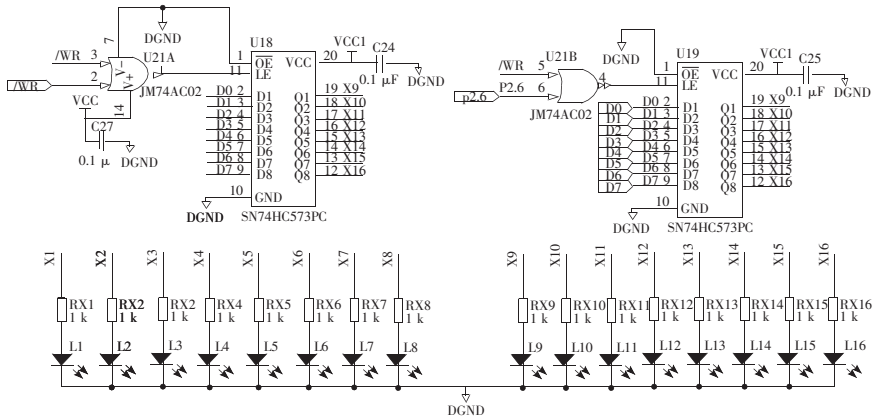


图 2 LED 显示电路  
Fig. 2 Principle diagram of LED display

3.2 LCD 显示

LCD 液晶显示电路如图 3 所示。将 14 位二进制数据经数据处理程序后转换成六十进制度分秒的形式,再由 P0 口经锁存后将数据和指令写入 LCD1602 中。D1~D8 为数据总线,INT1 为控制 1602 数据或命令的选择信号,T1 是 1602 的读写信号,P1.7 是 1602 的使能信号,电位器 W1 控制液晶屏明暗度。

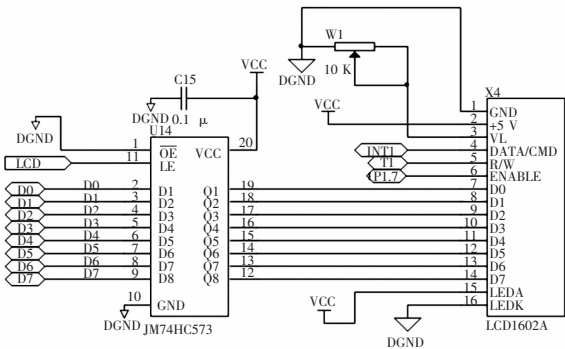


图 3 LCD 显示电路图  
Fig. 3 Principle diagram of LCD display

若调试系统需要显示较多的信息量,可更换功能更强大的液晶屏,调整电路中 X4 的部分即可实现功能的扩展。

4 软件设计

编码器光电信号经过比较、放大、锁存等硬件处理后,就要由单片机对信号进行软件处理。编码器所有的程序都采用单片机 C 语言程序编写。系统软件程序包括:系统初始化程序、精粗码采集子程序、精粗码处理子程序、显示模块子程序等。其中初始化子程序是对 A/D 芯片和 I/O 端口进行初始化;精粗码处理子程序包括粗码译码,精码细分,精粗校正。系统软件流程图如图 4 所示。

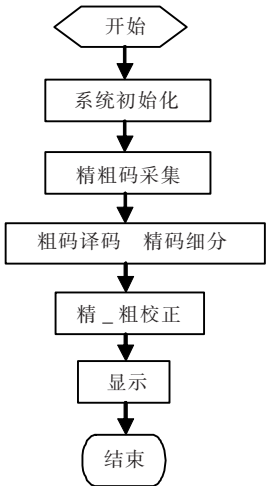


图 4 系统软件流程图  
Fig. 4 Program flow chart of system

调试系统显示模块软件程序包括 LED 显示子程序和 LCD 显示子程序。其中 LED 显示较容易,单片机控制两片锁存器将精粗码处理后的 14 位二进制数据分为高 6 位和低 8 位数据显示在 LED 灯排上。而 LCD 显示子程序则包括 LCD 初始化程序、数据处理程序和数据显示程序。下面对 LCD 显示程序进行部分说明。

4.1 数据处理程序设计

单片机对精粗码信号进行采集、译码、细分、校正后,所得到的是二进制形式的角度信息。若想在 LCD 液晶屏上显示出六十进制度分秒形式的信息,则要对二进制数据进行运算处理。图 5 为数据处理程序流程图。

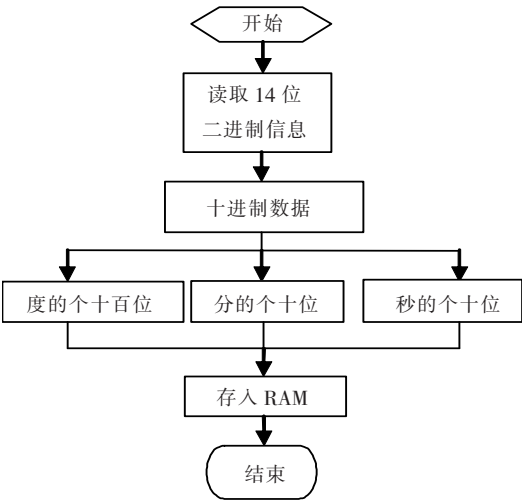


图 5 数据处理程序流程图

Fig. 5 Program flow chart of data processing

软件程序首先将读取的二进制数据分为高 6 位和低 8 位,然后转换为十进制后乘以编码器的分辨率,得到以秒为单位的数据。最后将数据反复对 60 取整和取余,得到度分秒形式的各位数据信息,并存入 RAM 中。程序部分源代码如下:

```
void dis_dfm(uchar h,uchar l)
{
    uchar chda;
    float fda;
    kdat=79;
    fda=(h*256+l)*kdat;
    chda=fda/360000;

    display[0]=chda;
    fda=fda-chda*360000;chda=fda/36000;
    display[1]=chda;
```

```
fda=fda-chda*36000;chda=fda/3600;
    display[2]=chda;
    fda=fda-chda*3600;chda=fda/600;
    display[3]=chda;
    fda=fda-chda*600;chda=fda/60;
    display[4]=chda;
    fda=fda-chda*60;chda=fda/10;
    display[5]=chda;
    fda=fda-chda*10;chda=fda;
    display[6]=chda;
    lcd[0]=display[0]+'0';
    lcd[1]=display[1]+'0';
    lcd[2]=display[2]+'0';
    lcd[4]=display[3]+'0';
    lcd[5]=display[4]+'0';
    lcd[7]=display[5]+'0';
    lcd[8]=display[6]+'0';
}
```

4.2 数据显示程序设计

LCD1602 液晶模块内部的控制器共有 11 条控制指令,要实现液晶模块的正确控制,就必须正确地运用这些指令,向液晶模块传送相应的数据。由于在 LCD 上显示的是度分秒形式的数据,需先将单位符号显示到指定位置处,而单位符号属于自定义字符,因此应把自定义字符事先写入到 LCD 的 CGROM 中,才能将其显示到指定位置。再把经数据处理程序运算得到的各位数据显示到指定位置。表 1 为显示程序调用的函数功能。LCD1602 能显示两行信息,一行显示编码器度分秒形式的角度值,另一行可以显示其他需求信息。若需要显示更多文字或图形信息,则可以根据不同的 LCD 液晶屏编写不同的显示程序。

表 1 显示程序函数功能

Table 1 Functions of display program

| 函数         | 函数功能          |
|------------|---------------|
| wri_dfm()  | 自定义字符写入 CGROM |
| con_dfm()  | 处理二进制数据       |
| lcd_wcom() | LCD 写命令       |
| lcd_wdat() | LCD 写数据       |

5 实验结果

通过软硬件设计与调试,完成系统显示功能。

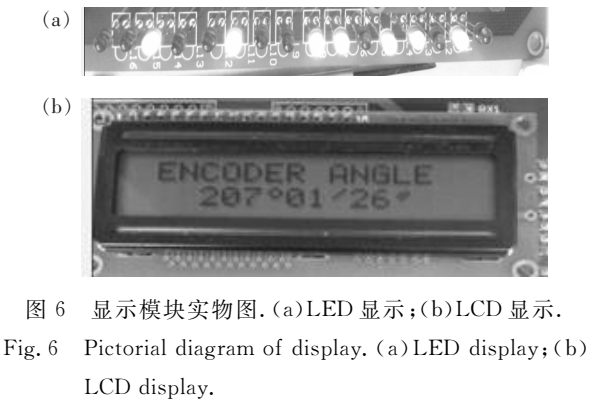


表 2  编码器精度测量结果

Table 2  Results of encoder's precision test

| 位置/(°) | 第一次测量精度/(″) | 第二次测量精度/(″) |
|--------|-------------|-------------|
| 0      | 0           | +2          |
| 30     | −25         | −25         |
| 60     | −60         | −46         |
| 90     | +23         | +26         |
| 120    | +16         | +12         |
| 150    | −57         | −25         |
| 180    | +30         | +32         |
| 210    | +30         | +34         |
| 240    | −48         | −27         |
| 270    | +36         | +38         |
| 300    | −4          | −10         |
| 330    | −60         | −50         |
| 0      | +2          | +4          |

如图 6 所示为显示模块实物图,LED 灯排显示的二进制数据为 0010010011011101B,左起前两位不显示,第三位为数据最高位,对应 LCD 显示的 207° 01′26″。

本系统以 23 位高精度光电编码器作为角度基准(检测精度为 2″),检测航天相机调焦编码器。将被测编码器与检测编码器在相同位置的角度值进行比较,所得到的差值计为该角度的误差值。在一周 360°中,每隔 30°测 1 个点,共得到 13 组被测编码器误差数据,如表 2 所示。

由精度检测结果可知,编码器最大误差值为 +38″,最小误差值为 −60″,满足编码器精度<±100″的要求。

## 6 结    论

为实现航天编码器的高可靠性与稳定性,本文设计了一种航天编码器调试系统显示模块。通过对 LED 灯排和 LCD 液晶屏的软硬件设计,显示模块可同时显示二进制形式和度分秒形式的角度值,实时性好,可视性强,操作简单。对于要求更多信息量的编码器调试系统,可更换 LCD 液晶屏,针对所需功能显示编写软件程序。实验结果表明,此航天编码器调试系统可以应用在分辨率为 80″,精度<±100″的航天相机调焦编码器的调试中,体积小,易于携带,便于在不同场地对编码器进行调试,方便快捷,能实时显示编码器数据信息,并且系统功能还可进一步扩展。

## 参  考  文  献:

[ 1 ] 董莉莉,熊经武,万秋华. 光电轴角编码器的发展动态[J]. 光学 精密工程,2000,8(2):198-202.

[ 2 ] 孙莹,万秋华,余荣红,等. 基于光电编码器的空间相机调焦控制系统设计[J]. 光电技术应用,2009,30(6):970-974.

[ 3 ] 杨守旺,龙科慧,周磊,等. 航空相机调焦单元仿真系统的实时显示方法研究[J]. 液晶与显示,2009,24(5):740-745.

[ 4 ] 曹振夫. 小型绝对式矩阵编码器 [J]. 光学机械,1987(5):65-70.

[ 5 ] 周磊,李葆勇,王志宏,等. 一种航空相机调焦控制系统 [J]. 微计算机信息,2010,26(14):42-43.

[ 6 ] 许志涛,龙科慧,刘金国. 基于 C8051F340 和 Labview 的编码器调试系统设计[J]. 液晶与显示,2011,26(6):789-794.

[ 7 ] 龙科慧. 一种航天级绝对式光电编码器模拟电路的设计[J]. 仪器仪表学报,2011,32(增刊):6-10.

[ 8 ] 龙科慧. 80C32E 单片机与 TLV2548 串行 A/D 的接口设计[J]. 电子元器件应用,2010,12(9):36-38.

[ 9 ] 孙莹,万秋华,王树洁,等. 航天级光电编码器的信号处理系统设计[J]. 光学 精密工程,2010,18(5):1182-1188.

[10] 于志赣,刘国平,张旭斌. LCD1602 模块的应用[J]. 机电技术,2009,(3):21-23.